



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

SOLUÇÃO PARA TELEMETRIA DE CARGAS NO TRANSPORTE TERRESTRE

João Pedro Becchi

Lajeado, novembro de 2019

João Pedro Becchi

SOLUÇÃO PARA TELEMETRIA DE CARGAS NO TRANSPORTE TERRESTRE

Monografia apresentada no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Gomensoro Malheiros

Lajeado, novembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, principalmente aos meus pais e avós, que deram todo o suporte para a minha caminhada desde o início até a conclusão do curso de Engenharia de Software.

Agradeço também ao meu orientador Marcelo de Gomensoro Malheiros, por todo o auxílio e dedicação neste trabalho e por acreditar na ideia da solução desenvolvida.

Por final, agradeço a todos aqueles que de alguma forma me auxiliaram no desenvolvimento dos protótipos, seja através de ideias, seja por auxílio prático, em especial a Guilherme Scapini Weiland e Ricardo Scapini.

RESUMO

O transporte de cargas terrestres é, no Brasil, um dos setores mais importantes para o desenvolvimento do país. Ele apresenta diversos desafios para garantir que as mercadorias transportadas cheguem de acordo com a expectativa do cliente. Problemas como fatores climáticos e atrasos em aduanas tornam o transporte internacional mais desafiador para a comercialização de produtos. O presente trabalho tem como objetivo analisar as vantagens da utilização de hardware modular para a identificação de avarias causadas por temperatura e umidade fora dos níveis recomendados, obtendo também dados de localização, data e hora das leituras. Neste desenvolvimento são utilizados o microcontrolador ESP32, o sensor de umidade e temperatura DHT22, o módulo de GPS NEO6M, a linguagem de programação ASP.NET Core 2 (para manter e disponibilizar o histórico de leituras) e o sistema operacional Android. Este trabalho também contempla o desenvolvimento de vários protótipos e a validação em situações reais de transporte de longa distância do sistema desenvolvido.

Palavras-chave: Hardware modular. Transporte. Avarias. Mercadorias.

ABSTRACT

The terrestrial cargo transportation, in Brazil, is one of the most important sectors for the development of the country. It presents several challenges to ensure that the transported goods arrive according to the customer's expectations. Problems such as climatic factors and delays at customs make international transport more challenging for the trade of products. The present work aims to analyze the advantages of using modular hardware to identify damage caused by temperature and humidity outside the recommended levels, also obtaining location, date and time data of the readings. In this development the ESP32 microcontroller, the DHT22 temperature and humidity sensor, the NEO6M GPS module, the ASP.NET Core 2 programming language (to hold and make readings history) and the Android operating system are used. This work also contemplates the development of several prototypes and the validation in real situations of long-distance transport of the developed system.

Keywords: Internet of Things. Transportation. Damage. Commodities.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – mapa de trajetos da empresa de transportes | 17 |
| Figura 2 – diagrama de arquitetura do projeto | 18 |
| Figura 3 – protótipo desenvolvido para o trabalho (caneta para escala) | 20 |
| Figura 4 – sensor de umidade e temperatura DHT22 | 22 |
| Figura 5 – dados interpretados pelo sensor DHT22 | 22 |
| Figura 6 – tela da aplicação móvel com a última leitura do dispositivo | 25 |
| Figura 7 – tela de envio dos dados da aplicação móvel | 26 |
| Figura 8 – linguagens e número de requisições por segundo | 27 |
| Figura 9 – tela da aplicação web com leituras do sensor | 29 |
| Figura 10 – gráfico de leituras realizadas pelo sensor | 29 |
| Figura 11 – mapa com indicadores de localização durante leituras | 30 |
| Figura 12 – primeiro protótipo desenvolvido para testes de laboratório | 33 |
| Figura 13 – mapa com cruzamento de posição, umidade e temperatura | 34 |
| Figura 14 – segundo protótipo desenvolvido, juntamente com regulador de tensão | 35 |
| Figura 15 – mapa das rotas realizadas pelo veículo no período de teste | 36 |
| Figura 16 – diagrama da solução para o segundo protótipo | 36 |

Figura 17 – terceiro protótipo, com microcontrolador e sensor de umidade e temperatura38

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – comparativo entre soluções de rastreamento de cargas | 15 |
| Quadro 2 – estimativas de custo da versão final da solução | 31 |
| Quadro 3 – características das soluções de monitoramento..... | 41 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| API | Application Programming Interface – Interface de Programação de Aplicações |
| BLE | Bluetooth Low Energy |
| CNT | Confederação Nacional do Transporte |
| CRUD | Create, Read, Update and Delete – Criação, Consulta, Atualização e Destruição de Dados |
| CSN | Companhia Siderúrgica Nacional |
| DC | Direct Current – Corrente contínua |
| GPS | Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global |
| IDE | Integrated Development Environment – Ambiente Integrado de Desenvolvimento |
| IoT | Internet of Things – Internet das Coisas |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| RTC | Real-time Clock – Relógio de Tempo Real |
| SaaS | Software as a Service – Software como serviço |
| SD | Secure Digital |
| UART | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter – Receptor/Transmissor Assíncrono Universal |
| USB | Universal Serial Bus – Porta Universal Serial |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 Descrição do problema..... | 11 |
| 1.2 Objetivos | 12 |
| 1.3 Estrutura do trabalho | 12 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 13 |
| 2.1 Transporte de carga e avarias..... | 13 |
| 2.2 Produtos similares | 14 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 3.1 Empresa/Cenário específico | 16 |
| 3.2 Desenvolvimento..... | 17 |
| 3.2.1 Microcontrolador | 19 |
| 3.2.1.1 ESP32 | 21 |
| 3.2.1.2 DHT22 | 21 |
| 3.2.1.3 GPS NEO-6m..... | 23 |
| 3.2.1.4 Módulo de cartão SD..... | 24 |
| 3.2.1.5 Regulador de tensão LM2596 | 24 |
| 3.2.2 Aplicação Android..... | 25 |
| 3.2.3 Aplicação web | 27 |
| 3.3 Estimativa de custos..... | 30 |
| 4 PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS | 32 |
| 4.1 Protótipo 1 | 32 |
| 4.2 Protótipo 2 | 34 |
| 4.3 Protótipo 3 | 37 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |

1 INTRODUÇÃO

O transporte é imprescindível nos dias atuais, uma vez que é responsável por movimentar toda a produção de um país para o abastecimento do mesmo, ou ainda para a exportação de matéria-prima ou produtos já industrializados para as mais diversas partes do mundo.

O transporte terrestre no Brasil movimenta 60% de todos os produtos trafegados no território nacional, segundo a Folha de São Paulo (2018), por isso da sua importância para a economia nacional.

Uma das matérias-primas na indústria de bebidas pode ser um desafio para as transportadoras levarem de um lado para outro, isso porque as condições de armazenamento dentro do veículo podem fazer com que o material se degrade. Condições como umidade e temperatura do ambiente interferem diretamente e drasticamente na vida do material.

A degradação do material faz com que ocorram avarias na carga, às quais os clientes dos transportadores não arcam com os custos de reposição; ou seja, o custo da reposição em caso de avaria é repassado ao próprio transportador.

Com base em hardware modular e de baixo custo e usando o conceito de intercomunicação entre dispositivos inteligentes, o que é tradicionalmente chamado de Internet das Coisas (ou IoT, do inglês *Internet of Things*), é possível construir uma solução que permita que motoristas autônomos ou empresas façam o acompanhamento da carga e dos efeitos da variação climática sobre elas.

Por exemplo, uma empresa do setor de transportes internacionais poderia desejar melhorar seu relacionamento com um de seus clientes, mostrando o histórico do produto transportado enquanto dentro do caminhão. Esse cliente produz latas metálicas que são exportadas do Brasil para a Argentina em carretas do tipo baú. Além disso, sabe-se que o material mencionado pode sofrer degradação de acordo com a temperatura e umidade. Tal problema é maior durante o seu transporte, onde não existe (até o momento) medição desses indicadores durante o trajeto.

Este trabalho propõe-se a realizar a análise da aplicabilidade de tecnologias para melhoria da rastreabilidade de cargas no transporte, não referente à posição geográfica da mesma, mas sim à situação em que a carga se encontra nos momentos das medições. Para tanto é descrito o desenvolvimento de uma solução utilizando hardware de baixo custo, incluindo um microcontrolador e um sensor de umidade e temperatura para o dispositivo de leitura de dados.

Devido à grande concorrência entre empresas de transporte, diferenciais contam quando empresas disputam espaço dentro de possíveis clientes. No momento em que o preço não é um diferencial, a análise para identificar e diminuir avarias pode ser uma qualidade que conquiste os compradores.

1.1 Descrição do problema

Este trabalho descreve a implementação e a implantação de tecnologias para medir e manter o histórico de temperatura e umidade da carga dentro de veículos de carga, utilizando hardware modular para medição de tais dados, junto do desenvolvimento e uso de um aplicativo móvel e de um sistema web para análise dos dados.

Assim, é possível realizar uma análise para as causas de avarias devido a variações na umidade e temperatura, cruzando dados de medições desses indicadores com a posição geográfica do veículo e condições climáticas.

A análise levará em conta a facilidade de implantação do dispositivo, do uso do aplicativo de smartphone e o benefício dos dados gerados para a empresa, além

da avaliação do relacionamento com o cliente após a apresentação de tais dados para o proprietário da carga.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é desenvolver, implantar e analisar um sistema para telemetria de cargas durante o transporte internacional, com o intuito de indicar e prevenir eventuais avarias.

Para isso, como objetivos secundários serão cobertos os seguintes pontos:

- Levantamento e comparativo de produtos já existentes no mercado;
- Avaliação de tecnologias de hardware modular para a implementação do módulo de telemetria;
- Implementação e testes do módulo projetado em ambiente controlado;
- Validação do módulo em um teste real e de longa duração;
- Análise dos resultados e levantamento de vantagens e desafios para adoção comercial da solução projetada.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução sobre o referido trabalho. O segundo capítulo compreende a fundamentação teórica pesquisada para a sua realização e detalha produtos já existentes no mercado. Já o terceiro capítulo descreve as tecnologias utilizadas, o estudo de caso, funcionamento da solução e os custos da mesma. O quarto capítulo apresenta dos protótipos desenvolvidos para validação da solução. Por fim, o quinto capítulo cita as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é contextualizado o transporte de cargas e é realizada uma abordagem das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da solução.

2.1 Transporte de carga e avarias

De acordo com Pereira e Lendzion (2013), o transporte é uma peça chave no desenvolvimento de qualquer cidade, estado ou país, uma vez que ele possibilita a movimentação de matérias-primas e materiais de consumo entre diversas regiões, seja ela produtora ou de consumo.

Para Rocha (2015), o transporte é de suma importância para o Brasil, uma vez que além de conectar produtores e consumidores, este tem grande participação no desenvolvimento do país e na geração de riqueza.

Dessa forma, é necessária infraestrutura para tornar esse desenvolvimento possível. De acordo com Pereira e Lendzion (2013), a infraestrutura de transporte é um pré-requisito importantíssimo, onde seus dados impactam desde o desenvolvimento do país até a produção de novas tecnologias para tornar o processo mais dinâmico.

Segundo Pessoa (2012), um dos momentos em que são causados danos aos materiais transportados é durante o armazenamento das cargas. Durante esse

processo, existem diversos fatores que geram avarias, dentre eles a temperatura e a umidade relativa do ar.

Particularmente em transportes internacionais, quando são cobertas longas distâncias, é quando materiais podem sofrer mais degradações, sendo sujeitos à variação da umidade e da temperatura do veículo. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita a parceria com uma transportadora que realiza o trajeto de Estrela, no Rio Grande do Sul para Buenos Aires, na Argentina, carregando um material em que ocorre esse tipo de degradação.

2.2 Produtos similares

Foram analisados quatro produtos similares já existentes no mercado, para servirem como base de comparação para o desenvolvimento da solução descrita neste trabalho. São eles: LIVETRACK, SAS Tracker, Way Data Solution e Tracer Tag.

A ideia principal do LIVETRACK é permitir a obtenção de dados de umidade e temperatura, juntamente com a sua localização, em tempo real para o usuário da plataforma, tanto web quanto através de um aplicativo. O sensor possui uma bateria interna que dispensa a instalação elétrica para o seu funcionamento. Ainda, o mesmo permite a configuração de alertas quando os indicadores não estiverem satisfatórios e a transferência das leituras é realizada pelo próprio aplicativo móvel.

Já o SAS Tracker tem um funcionamento similar: ele também possui bateria de alimentação interna e provê dados de localização, incluindo velocidade e data e hora. Porém, não possui informações sobre umidade e temperatura. Ao contrário do LIVETRACK que envia os dados através do aplicativo, este utiliza o próprio dispositivo para enviar os dados à empresa. Não é possível criar alertas para possíveis problemas.

A solução Way Data Solution foi a menos descrita, uma vez que existem poucas informações sobre o seu funcionamento. Sabe-se que só é possível obter dados de temperatura da carga; entretanto, não é informado como é feita a alimentação, ou ainda, como os dados são transferidos.

Por fim, a solução Tracer Tag talvez seja a mais interessante para a obtenção de dados em tempo real em qualquer lugar, independente de conexão à internet, uma vez que é possível utilizar comunicação via satélite para receber os dados. São monitoradas umidade, temperatura e luminosidade do local em que a carga está armazenada, porém não é explicitado como é feita a alimentação elétrica do sistema.

No Quadro 1, é mostrado um resumo comparativo entre os quatro produtos.

Quadro 1 – comparativo entre soluções de rastreamento de cargas

| Produto | LIVETRACK | SAS Tracker | Way Data Solution | Tracer Tag |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Alimentação | Bateria (no sensor) | Bateria (no equipamento) | Não informado | Não informado |
| Monitoramento | Umidade, temperatura, localização | Localização, velocidade, data e hora | Temperatura | Umidade, temperatura e luminosidade |
| Envio de dados | Aplicativo móvel | Próprio dispositivo | Não informado | Próprio dispositivo |
| Conexão de dados à parte necessária | Sim | Sim | Não informado | Sim, ou conexão via satélite |
| Envio de alertas | Sim, desvio dos limites estabelecidos | Não | Não | Não |

Fonte: Do autor (2019).

Analisando as soluções descritas anteriormente, é possível entender que existe possibilidade de desenvolver outra solução para resolver problemas similares, focando em *gaps* diferentes.

Pontos de dificuldade como alimentação contínua por longos períodos, transferência de dados ao cliente e outros sensores para obter diferentes métricas, devem ser observados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

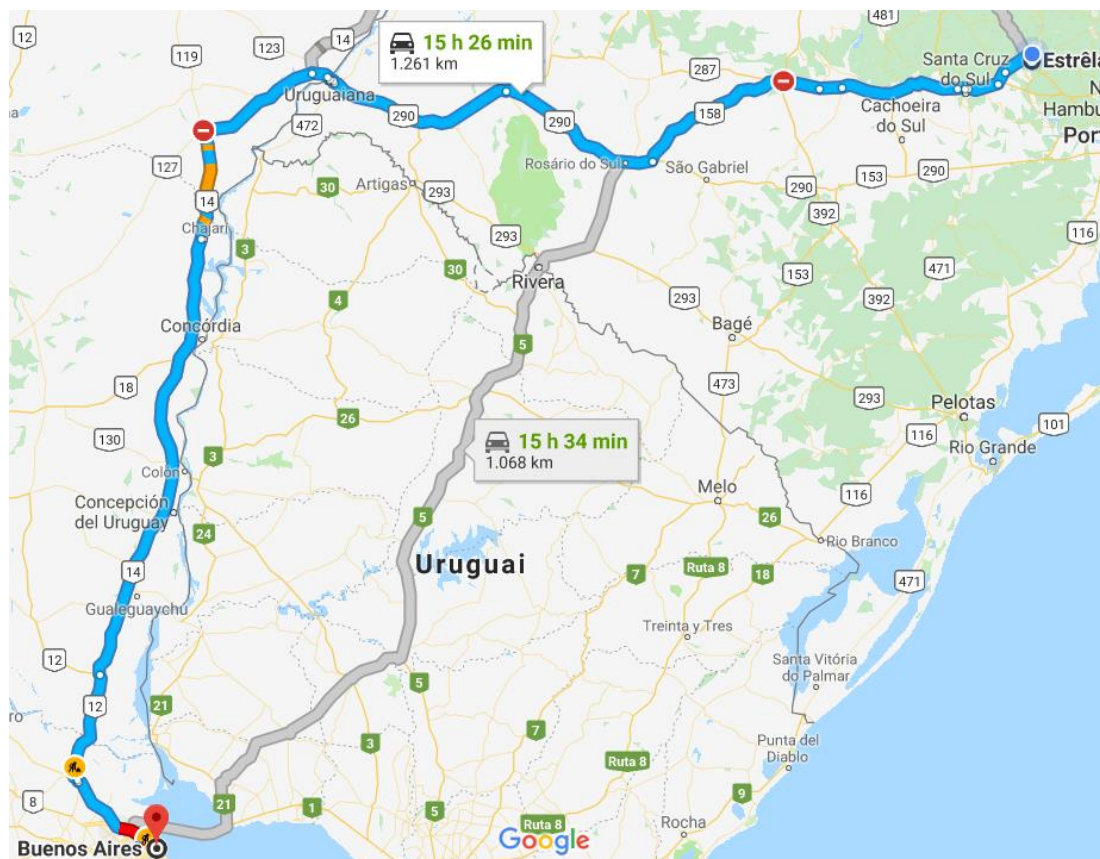
Detalha-se neste capítulo o processo desenvolvimento da solução. Este capítulo está subdividido em cinco grupos: Tecnologias, Empresa/Cenário específico, Desenvolvimento e Estimativa de Custos.

3.1 Empresa/Cenário específico

A transportadora-alvo é uma empresa com mais de 50 anos no mercado de transportes, com atuação no Brasil, Argentina, Uruguai, e futuramente Paraguai. O foco principal é no transporte de toras de madeira nacionais, porém há diversidade de transporte de cargas internacionais.

O trajeto realizado é de Estrela, no Rio Grande do Sul, a Buenos Aires, na Argentina, carregando um material em que ocorre degradação devido a condições climáticas, como temperatura e umidade. A Figura 1 mostra as rotas utilizadas pela referida transportadora.

Figura 1 – mapa de trajetos da empresa de transportes



Fonte: Do autor (2019).

As cargas que podem degradar são de clientes com produtos entre doces e guloseimas, porém ainda há o transporte de recipientes metálicos que também sofrem com essas condições adversas.

3.2 Desenvolvimento

Este trabalho utilizou de diversas tecnologias para realizar o desenvolvimento da solução. Tais tecnologias são as seguintes:

- Microcontrolador;
- Sensor e módulos para microcontrolador;
- Android/Java;
- ASP.NET Core 2.2.

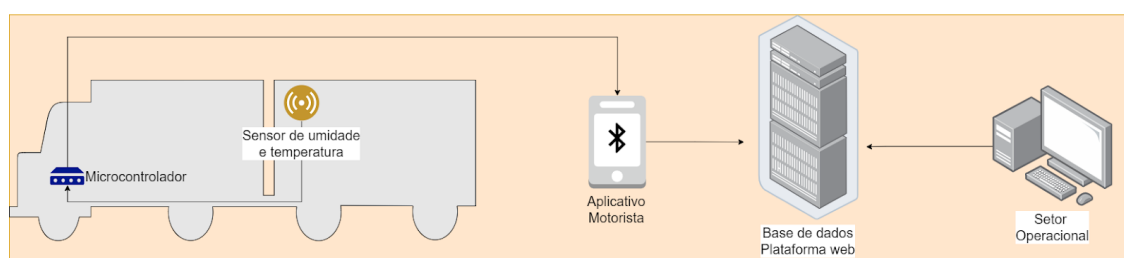
A solução tem o objetivo de ajudar o setor operacional de empresas de transporte, provendo a telemetria das cargas transportadas. Por telemetria entende-se não só a questão geográfica, mas também todos dados pertinentes à carga, como umidade e temperatura, os quais são o foco deste projeto.

O produto deve realizar a medição de umidade e temperatura do local em que a mercadoria é acondicionada, disponibilizando os dados tanto para o motorista (no momento da medição) quanto ao setor operacional da empresa, através de um histórico de data, hora e posicionamento geográfico.

A vantagem da utilização dessa tecnologia é permitir a verificação de fatores que possam fazer com que a carga sofra avarias devido a esses índices. Assim, o motorista, no momento da captação de dados, pode intervir junto à carga, executando medidas que corrijam tais índices. Já o operacional da empresa pode utilizar os dados para entender quais ações podem ser tomadas para reduzir os danos causados à carga, podendo também usá-los como diferencial de mercado, mostrando ao cliente/proprietário da mercadoria que existe um histórico e que a empresa se preocupa com a qualidade dos produtos transportados.

Ainda assim, é necessária uma interpretação dos dados por alguém com conhecimentos sobre o processo como um todo, uma vez que existem diversos fatores que possam interferir, como condições climáticas, tipo do veículo, quantidade de mercadorias, entre outros. A Figura 2 apresenta o diagrama da arquitetura do projeto apresentado pelo presente trabalho.

Figura 2 – diagrama de arquitetura do projeto



Fonte: Do autor (2019).

O protótipo implementado realiza a medição através de um microcontrolador ESP32, um sensor de umidade e temperatura DHT22, um módulo GPS NEO-6m, um leitor de cartão SD e um regulador de tensão LM2596. O microcontrolador armazena

a umidade e temperatura obtida através do sensor a cada 15 minutos (com o intervalo de tempo personalizável através de um arquivo de configuração no cartão). Uma vez que os dados são armazenados no microcontrolador, é necessário ler esses dados e então enviá-los para o servidor central.

Nesse momento, entra o papel do motorista com o seu smartphone. Ele realiza a conexão com o dispositivo através de uma rede Bluetooth disponibilizada pelo microcontrolador. Assim, é possível realizar o download das informações e disponibilizá-las instantaneamente para o motorista. Para que o setor operacional da empresa obtenha esses dados, é necessária a sincronização do aplicativo móvel com a aplicação web através de uma interface de programação de aplicações (API).

Após a alimentação dos dados no servidor, os mesmos estarão disponíveis tanto para o motorista ver através do aplicativo quanto para o setor operacional, que pode visualizar através da plataforma web.

Na plataforma web é possível analisar os dados por veículo, filtrando os mesmos por placa e por período. Tais dados são sintetizados e agrupados diariamente, para que seja possível a visualização das métricas de máximos, mínimos e médias. Essa visualização se dá através de uma listagem bruta (tabela), gráficos ou mapa. Assim, é possível a obtenção de dados por viagem e realizar ainda a impressão de um relatório.

Nas seções seguintes é descrita a função e configuração de cada um dos equipamentos utilizados, assim como detalhes de sua programação.

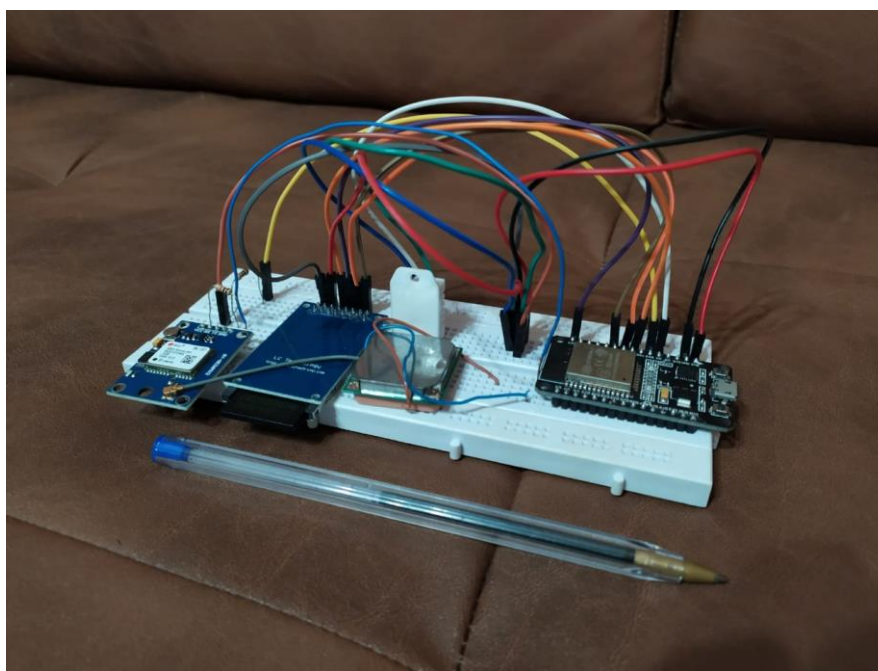
3.2.1 Microcontrolador

O microcontrolador tem como objetivo realizar a obtenção das métricas para a posterior análise. Dessa forma, ele realiza a leitura dos dados de umidade, temperatura, posicionamento geográfico e *timestamp* (carimbo de data e hora) do momento da leitura. O mesmo possui ainda parametrizações dinâmicas de frequência de leitura e de redes *Wi-Fi* e Bluetooth, com o ajuste para funcionamento em diversos veículos e situações, sem que haja a necessidade de recompilação do programa previamente instalado.

Utilizando essas parametrizações, o dispositivo sabe a frequência de cada leitura. Uma vez realizada, ela é então gravada no cartão SD para ser posteriormente acessada. Uma vez que os dados estejam no cartão, em um momento oportuno, o motorista realiza a conexão Bluetooth entre o dispositivo e a aplicação móvel, baixando os dados para o seu smartphone.

Nesse momento, o dispositivo armazena os dados a serem enviados separadamente, para que não haja conflito entre novas medições e medições a serem enviadas. E, após a conclusão do envio dos dados, o dispositivo realiza a remoção dos arquivos antigos, visando a liberação de espaço no cartão. A Figura 3 mostra o protótipo desenvolvido, contendo o microcontrolador, os módulos e o sensor, citados anteriormente.

Figura 3 – protótipo desenvolvido para o trabalho (caneta para escala)



Fonte: Do autor (2019).

A seguir, na Seção 4.2.1.1, é detalhado o funcionamento de cada uma das partes que compõem o microcontrolador.

3.2.1.1 ESP32

No protótipo, foi utilizado o microcontrolador ESP32, uma vez que ele é de fácil aquisição, fácil programação e de baixo consumo de corrente elétrica.

Para realizar a programação do dispositivo, utilizou-se o *software* Arduino IDE, que permite a codificação e implantação do código no microcontrolador. Este ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) torna fácil a instalação de bibliotecas de terceiros para que a comunicação entre o microcontrolador e as demais partes sejam rapidamente desenvolvidas.

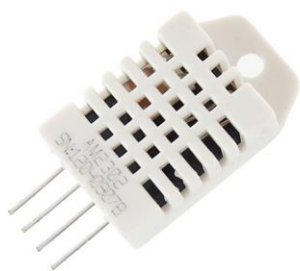
O microcontrolador foi alimentado por uma corrente de 3.3 volts, podendo ser conectado em portas USB (tanto para configuração quanto para operação) ou ainda em dispositivos de alimentação, como *power banks* portáteis.

Como no universo IoT a conectividade é uma premissa, o módulo possui comunicação Wi-Fi e *Bluetooth Low Energy* (BLE) integrado à sua estrutura, dispensando a aquisição de demais dispositivos. Ainda, ele possui diversas portas seriais, de forma que a comunicação entre o GPS e o microcontrolador é facilitada, isentando adaptações para a sua utilização.

3.2.1.2 DHT22

Para a obtenção da umidade e da temperatura, escolheu-se o DHT22, dado que ele possui alta precisão e confiabilidade. Assim como o ESP32, o sensor possui baixo custo de aquisição e é de fácil obtenção, e funciona a uma tensão entre 3,3V e 5,5V (DC). A Figura 4 exibe um modelo do referido sensor.

Figura 4 – sensor de umidade e temperatura DHT22



Fonte: DNA Technology. Disponível em <<http://www.dnatechindia.com/DHT22-AM2302-humidity-sensor.html>>. Acesso em 21 jan. 2019.

Esse sensor funciona em operações de temperatura de -40°C até 80°C, e de umidade entre 0 e 100%, sendo que a exatidão dos dados de temperatura possui uma tolerância de 0,5% (para mais ou para menos). Enquanto isso, a exatidão dos dados de umidade é de 2% (para mais ou para menos).

Para validação inicial, através deste sensor foi possível obter os dados representados na Figura 5, utilizando um microcontrolador, o ESP32. A Figura mostra o funcionamento do sensor, com a coleta de informações de umidade e temperatura em conjunto com a data e hora de leitura dos dados.

Figura 5 – dados interpretados pelo sensor DHT22

| COM3 (Arduino/Genuino Uno) | | | |
|---|----------|-------------|----------|
| Initializing SD card...initialization done. | | | |
| DATE | TIME | TEMPERATURE | HUMIDITY |
| 25/02/2018 | 17:49:32 | 15.4°C | 32.5 % |
| 25/02/2018 | 17:49:33 | 15.4°C | 32.5 % |
| 25/02/2018 | 17:49:34 | 15.4°C | 32.5 % |
| 25/02/2018 | 17:49:35 | 15.4°C | 32.3 % |
| 25/02/2018 | 17:49:36 | 15.4°C | 32.3 % |
| 25/02/2018 | 17:49:37 | 15.5°C | 32.3 % |
| 25/02/2018 | 17:49:38 | 15.5°C | 32.3 % |
| 25/02/2018 | 17:49:39 | 15.5°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:40 | 15.5°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:41 | 15.5°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:42 | 15.4°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:43 | 15.4°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:44 | 15.4°C | 32.4 % |
| 25/02/2018 | 17:49:45 | 15.5°C | 32.6 % |
| 25/02/2018 | 17:49:46 | 15.5°C | 32.6 % |
| 25/02/2018 | 17:49:47 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:48 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:49 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:50 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:51 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:52 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:53 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:54 | 15.5°C | 32.8 % |
| 25/02/2018 | 17:49:55 | 15.5°C | 32.7 % |

Fonte: Simple Circuit. Disponível em <<https://simple-circuit.com/arduino-datalogger-sd-card-ds3231-dht22>>. Acesso em 23 jan. 2019.

O sensor DHT22 é conectado ao ESP32 através de uma porta digital e utiliza a biblioteca *Adafruit DHT Humidity & Temperature Sensor Library* para a obtenção dos dados de maneira facilitada, a qual está livremente disponível em um repositório GitHub¹.

3.2.1.3 GPS NEO-6m

Como o microcontrolador não possui *RTC* (relógio de tempo real), ou seja, não é possível obter informações de data e hora sem conexão com a Internet, uma solução foi realizar a instalação do módulo GPS NEO-6m.

Este módulo, além de obter dados de latitude e longitude, permite a obtenção de dados de data e hora do local em que o dispositivo se localiza, resolvendo um possível problema de fuso horário (devido ao transporte internacional entre múltiplos fusos horários).

Assim como o DHT22, este módulo também funciona em tensões de 3.3V, permitindo que funcione facilmente com o microcontrolador.

Para a realização da comunicação entre as partes, utiliza-se uma das portas seriais do ESP32 e as bibliotecas *HardwareSerial* (para leitura da porta serial em que o módulo foi conectado) e *TinyGPS++* (para traduzir os dados seriais para os formatos desejados).

No momento em que o GPS se conecta aos satélites, é iniciada a gravação dos dados de latitude, longitude, data e hora. Foi possível perceber que o módulo GPS possui uma leitura de dados precisos, os quais serão apresentados a seguir, na Seção 4.1.

¹ URL do repositório: <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>

3.2.1.4 Módulo de cartão SD

Devido à memória *flash* limitada do ESP32, foi necessário instalar um módulo de cartão SD à parte, tornando possível o armazenamento de longo período das medições realizadas. O módulo opera em tensões de 3.3 V ou de 5.5 V, utilizando outras duas portas lógicas para a comunicação entre o microcontrolador e o módulo.

Para a manipulação do módulo, foram instaladas as bibliotecas SD (manipulação do cartão de memória), *SPI* (comunicação entre o ESP32 e o módulo SD) e *FS* (manipulação de arquivos). Junto a ele, foi instalado um cartão de memória de 2GB, para que as leituras possam ser armazenadas de forma que não seja necessária a leitura frequente dos dados (para limpeza do espaço).

No momento em que o dispositivo é iniciado, é configurado o módulo SD, lendo os dados do arquivo de parametrizações (explicado anteriormente). Se o arquivo de leituras não existir, ele então é criado. A cada medição, é realizada a gravação dos dados no cartão de memória. Caso o arquivo de leituras já exista, é feita a concatenação dos dados, senão o arquivo é criado e os dados são então inseridos. Além disso, esse módulo também é responsável por realizar a renomeação do arquivo de leitura quando a transmissão de dados para o dispositivo móvel é iniciada.

3.2.1.5 Regulador de tensão LM2596

Uma vez que o microcontrolador ESP32 depende de uma alimentação entre 3,3V e 5V, e a tensão de veículos de carga é normalmente 24V, torna-se necessário a instalação de um regulador de tensão.

O regulador de tensão LM2596 funciona na faixa de 1.25V até 37V, ou seja, ele pode funcionar tanto em veículos 12V quanto em veículos 24V, sendo o último o caso dos caminhões. Este regulador suporta uma corrente máxima de saída de 3 amperes, o que permite que se alimente todo o circuito do dispositivo: microcontrolador, módulos externos e sensor.

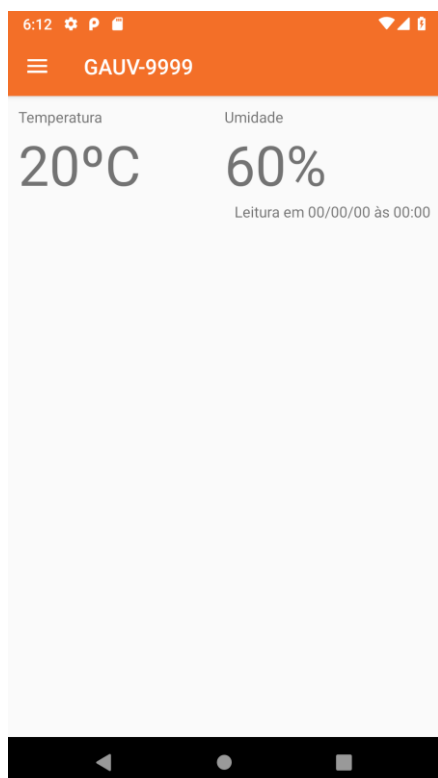
3.2.2 Aplicação Android

Devido ao transporte internacional, a utilização de comunicação de dados pelo microcontrolador pode ser restrita e de alto custo. Por isso, foi necessário desenvolver uma aplicação móvel para que os dados fossem transferidos através de um telefone com dados móveis internacionais permitidos ou por redes Wi-Fi em que o smartphone possa utilizar.

Essa aplicação foi desenvolvida para ser utilizada em dispositivos Android, que são de menor custo em relação aos demais. Porém, no futuro, pode-se realizar o desenvolvimento de uma aplicação para iOS, ou ainda multiplataforma (utilizando os *frameworks React-Native* ou *Xamarin*, por exemplo).

A aplicação utiliza a conexão Bluetooth do smartphone para se conectar ao ESP32. No momento em que a conexão é estabelecida, torna-se possível ver os dados da última leitura realizada pelo dispositivo. Assim, é possível agir rapidamente, caso os parâmetros estejam fora dos níveis desejáveis. A Figura 6 mostra a tela da aplicação Android com a última leitura feita pelo dispositivo.

Figura 6 – tela da aplicação móvel com a última leitura do dispositivo

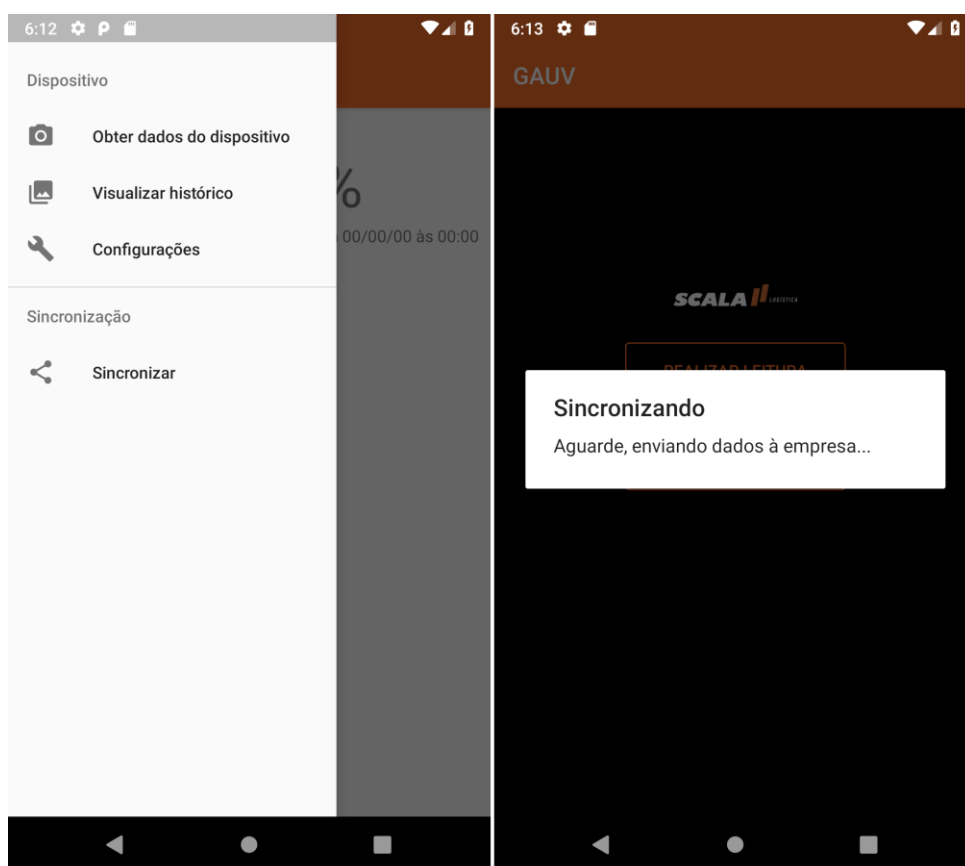


Fonte: Do autor (2019).

Em um momento oportuno, o motorista (através do menu da aplicação) realiza o download das leituras armazenadas no dispositivo. Assim que todas as informações são transmitidas, os dados são armazenados localmente através do banco de dados *Realm*.

Após a conclusão do armazenamento das informações, é solicitado ao motorista se ele deseja enviar os dados à aplicação web naquele momento, ou se deseja enviar posteriormente. A Figura 7 apresenta a tela de envio dos dados armazenados no dispositivo ao sistema web.

Figura 7 – tela de envio dos dados da aplicação móvel



Fonte: Do autor (2019).

Assim que os dados são sincronizados com a aplicação web, eles são removidos do dispositivo, uma vez que não há necessidade de armazenar o histórico de dados localmente.

3.2.3 Aplicação web

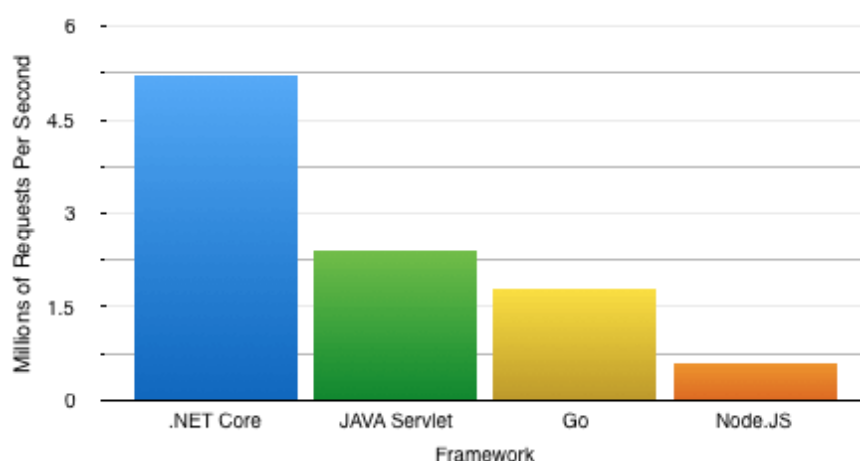
A aplicação web é a última parte da solução e talvez a com mais valor para a empresa, pois é nela em que o setor operacional terá o resumo do que está acontecendo com as mercadorias transportadas.

A aplicação web foi desenvolvida com o framework ASP.NET Core 2.2 e usando a linguagem C#.

Segundo Kronis e Uhanova (2018), ao contrário das versões anteriores, agora é possível utilizar o ambiente .NET e a linguagem de programação C# em sistemas operacionais diferentes, como GNU/Linux. Dessa forma é possível aplicar tecnologias já consolidadas utilizando sistemas operacionais livres, que não possuem custo de licenciamento, ao contrário do Windows.

Um dos pontos mais fortes dessa tecnologia é o seu alto desempenho frente a outras já consolidadas no mercado. Enquanto frameworks baseados em linguagens como Java e Go suportam até 2 milhões de requisições por segundo, a .NET Core consegue suportar quase 5 milhões no mesmo intervalo de tempo. A Figura 8 mostra um comparativo entre as linguagens de programação e o número de requisições que são capazes de suportar.

Figura 8 – linguagens e número de requisições por segundo



Fonte: Stackify. Disponível em <<https://stackify.com/asp-net-core-features>>. Acesso em 30 mai. 2019.

Em contrapartida, Kronis e Uhanova (2018), após testes, concluem que mesmo o ASP.NET Core sendo mais rápido em processamento de dados, a utilização do *webserver* Kestrel torna a resposta do servidor mais lenta. Os autores

salientam que a tecnologia ASP.NET Core ainda não é tão madura quanto outras, e que ela está em constante desenvolvimento.

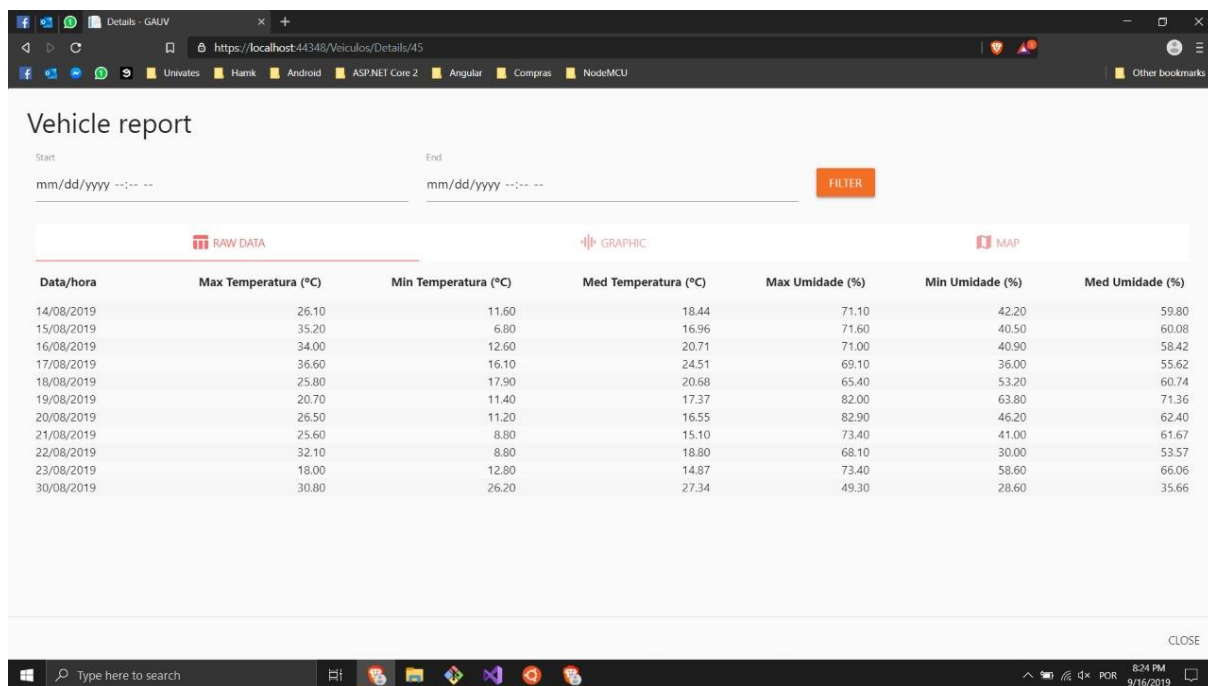
Também, devido à IDE Visual Studio, o seu desenvolvimento é facilitado. Por exemplo, uma vez que estejam definidos os objetos e uma conexão a um banco de dados, em segundos é possível criar APIs e CRUDs (criação, consulta, atualização e destruição de dados) funcionais, economizando tempo de desenvolvimento.

Entende-se que estas são grandes vantagens, pois ao mesmo tempo em que economiza-se a mão de obra do desenvolvedor (permitindo que ele foque em questões mais complexas), a empresa economiza com a manutenção da ferramenta, uma vez que é possível alugar servidores na nuvem a preços acessíveis (por exemplo, na *DigitalOcean*, US\$5,00 manteriam a aplicação funcionando 24 horas por dia, 7 dias por semana).

Sobre o funcionamento da aplicação web, o dispositivo móvel se utiliza das APIs geradas para transferir os dados, armazenando-os em um banco de dados PostgreSQL.

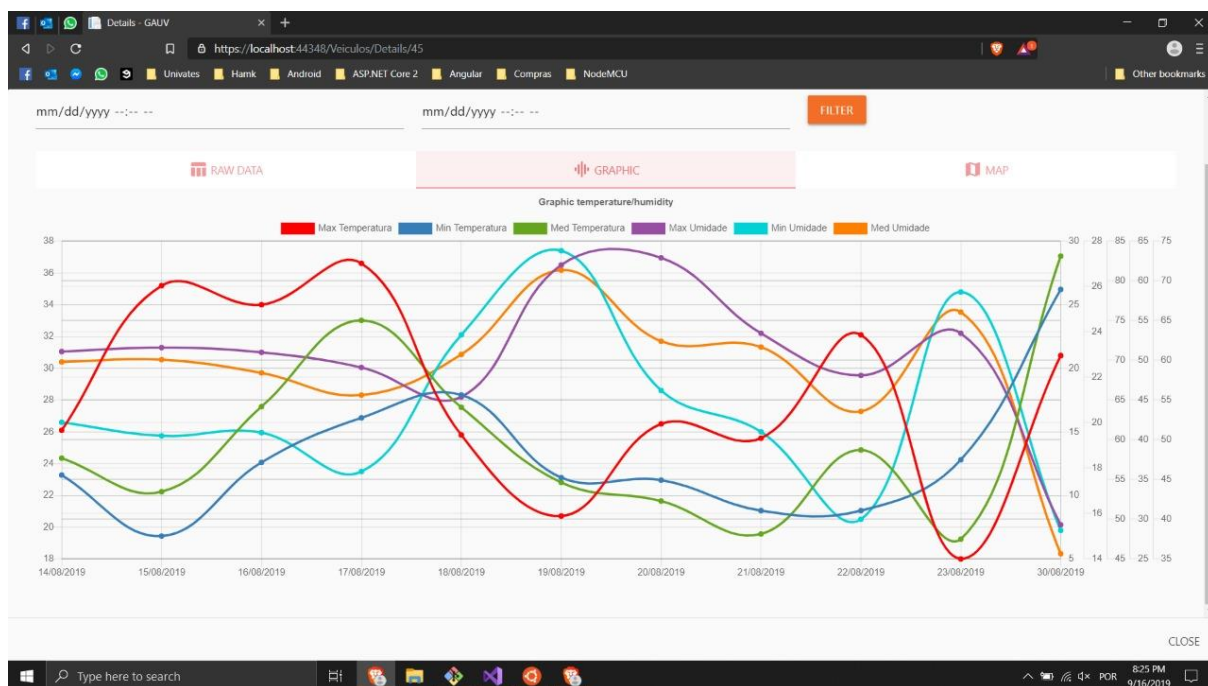
Após o armazenamento das leituras, é possível visualizar através de uma listagem ou de um gráfico o histórico do veículo, podendo ainda ser gerado um relatório com os dados filtrados, para que o mesmo possa ser entregue ao cliente. Este relatório é visto como parte do relacionamento entre a empresa e o cliente, pois assim fica claro ao cliente que a empresa preza e preocupa-se com a mercadoria transportada. A Figura 9 mostra a visualização dos registros do sensor na aplicação web, enquanto a Figura 10 exibe um gráfico com as leituras realizadas pelo sensor. Por fim, a Figura 11 apresenta um mapa com indicações de localização nos momentos em que ocorreram as leituras.

Figura 9 – tela da aplicação web com leituras do sensor



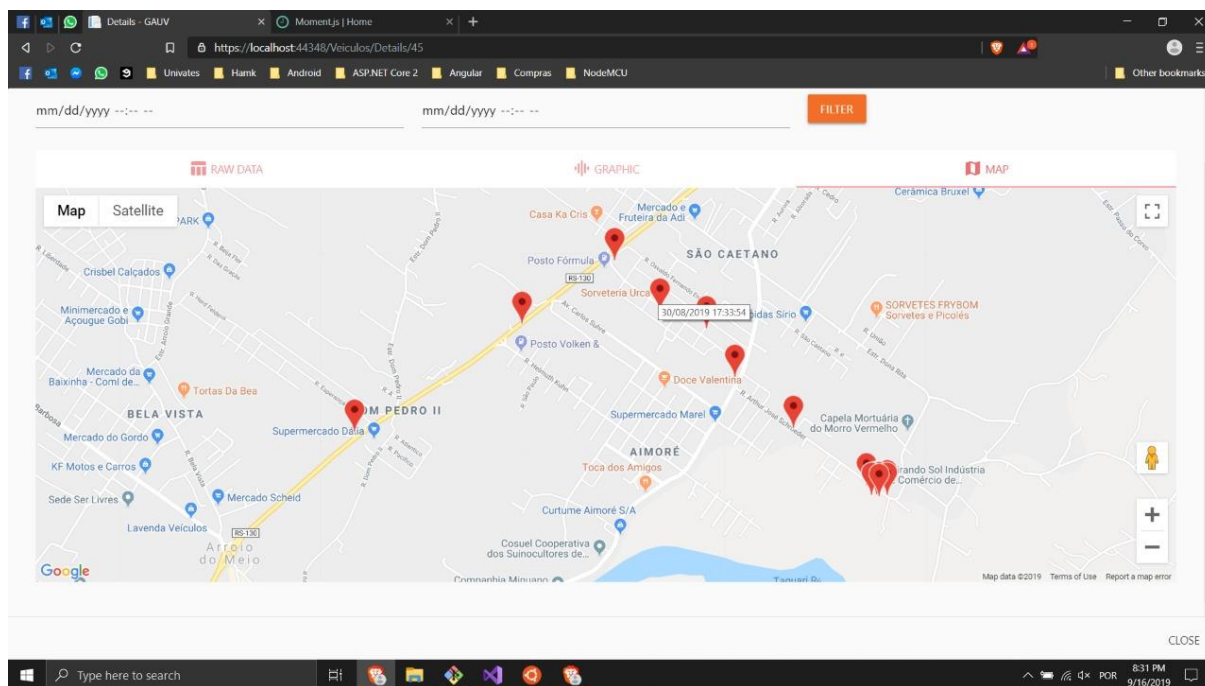
Fonte: Do autor (2019).

Figura 10 – gráfico de leituras realizadas pelo sensor



Fonte: Do autor (2019).

Figura 11 – mapa com indicadores de localização durante leituras



Fonte: Do autor (2019).

3.3 Estimativa de custos

Para a produção da solução, desconsiderando horas de codificação, o custo estimado foi no total de R\$ 313,70, o qual é especificado no Quadro 2.

Quadro 2 – estimativas de custo da versão final da solução

| Produto | Valor (R\$) |
|---|--------------------|
| Microcontrolador ESP32 | 80,90 |
| Sensor DHT22 | 36,00 |
| Módulo GPS NEO-6m | 123,90 |
| Módulo cartão SD | 19,90 |
| Regulador de tensão LM2596 | 12,90 |
| Cabos elétricos, caixa de armazenamento | 60,00 |
| Google Compute Engine (1 vCPU; 0,6 GB RAM; 30GB HD) | 0,00 |
| Total | 313,70 |

Fonte: Do autor (2019).

4 PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS

A seguir, serão apresentados os três protótipos desenvolvidos para validar a solução, com as suas respectivas características, melhorias identificadas e melhorias implementadas em relação ao protótipo anterior, caso necessário.

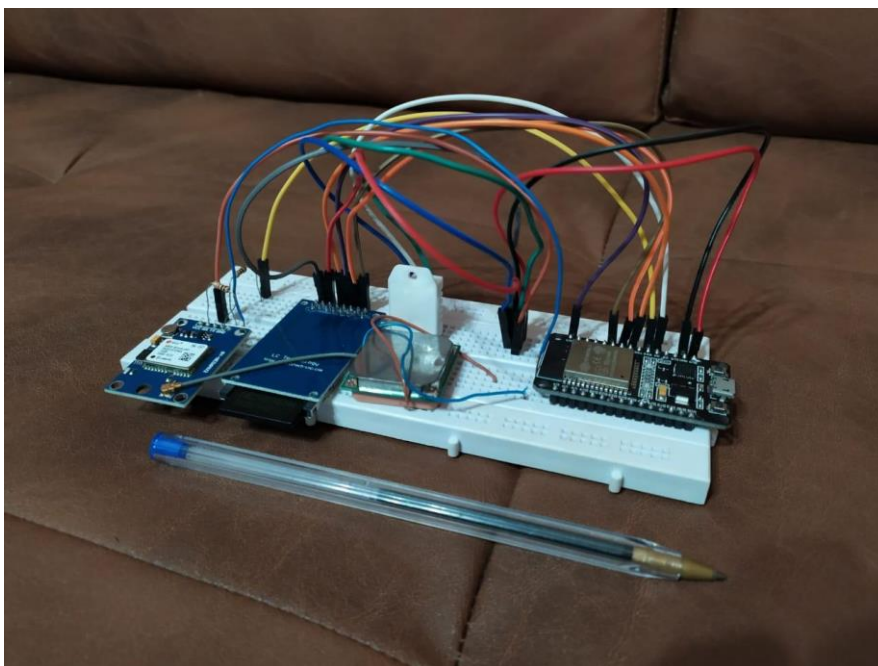
4.1 Protótipo 1

O primeiro protótipo desenvolvido teve o propósito de realizar testes de algumas funcionalidades em ambiente de laboratório, ou seja, desconsiderando condições reais de alimentação, impacto, entre outros fatores.

O microcontrolador foi desenvolvido utilizando a alimentação através de uma porta USB de um notebook, para que fosse possível realizar medições dentro de veículos, e comunicação Wi-Fi, uma vez que é mais simples de realizar a implementação. O sensor de umidade, módulo de cartão de memória e módulo GPS foram alimentados através do próprio microcontrolador.

Na Figura 12 é exibido o primeiro protótipo desenvolvido os testes de laboratório.

Figura 12 – primeiro protótipo desenvolvido para testes de laboratório



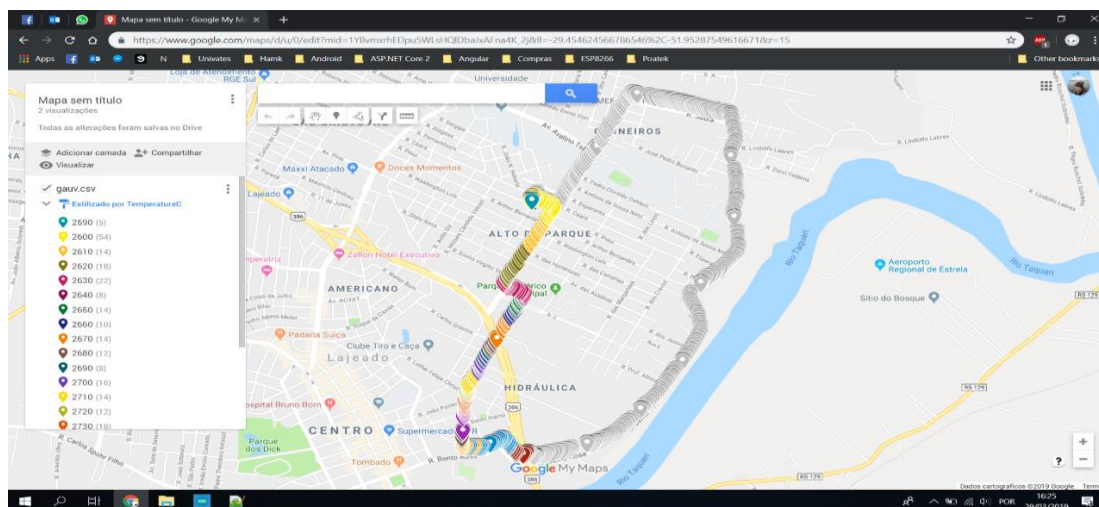
Fonte: Do autor (2019).

O aplicativo móvel utilizou Wi-Fi para comunicar-se com o dispositivo de medição. Também, foi desenvolvido um modelo da aplicação web para ilustrar como seriam exibidas as medições feitas por um dispositivo. Essa aplicação não era alimentada por dados reais, tendo apenas dados constantes.

Os testes foram realizados em 3 ambientes: dentro da casa do autor, dentro do veículo do autor e dentro de uma carreta do tipo baú da empresa.

Na Figura 13 é possível ver o cruzamento de dados entre a posição, umidade e temperatura, que foram obtidos no veículo do autor, utilizando a plataforma do Google Maps para isso.

Figura 13 – mapa com cruzamento de posição, umidade e temperatura



Fonte: Do autor (2019).

Através da Figura 13 é possível identificar que a temperatura estava diminuindo, devido à ativação do ar-condicionado do carro. Cada ponto no mapa foi uma leitura realizada pelo dispositivo.

Através deste protótipo foi constatado que o protótipo era compacto e robusto o suficiente para ser uma possível solução ao cliente. Ainda, através do teste de dentro da carreta tipo baú, foi identificado que o sinal do GPS era prejudicado, uma vez que este tipo de implemento é fechado totalmente por placas de metais, que impedem a comunicação com os satélites GPS. Porém, é possível que o mesmo problema não seja percebido em carretas do tipo *sider* (com as laterais fechadas com uma lona), que são a maior parte da frota da empresa.

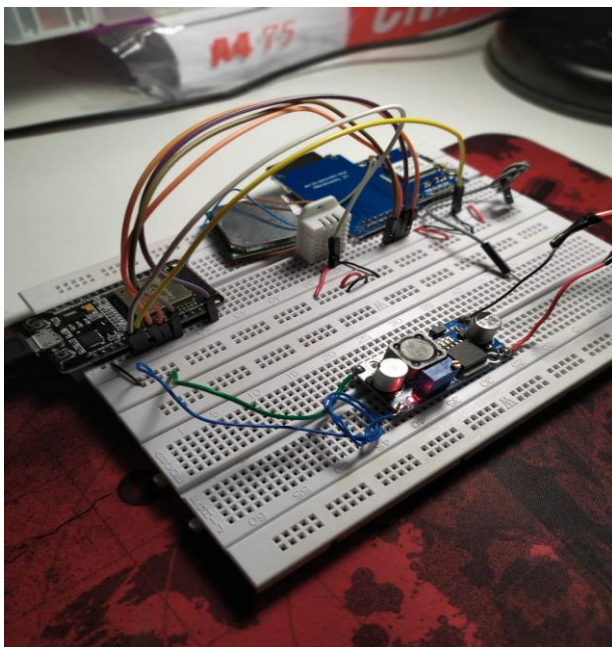
4.2 Protótipo 2

O objetivo do segundo protótipo era de validar a solução em uma aplicação real, dentro de um veículo da empresa, durante o transporte de mercadorias. Dessa vez, foram considerados problemas com alimentação, impactos causados ao dispositivo e condições climáticas.

Para isso, foi instalado o regulador de tensão LM2596, de forma que fosse possível alimentar o circuito todo do microcontrolador (incluindo sensor e módulos a parte) através da corrente elétrica do veículo, o qual possui tensão de 25V.

A Figura 14 mostra o segundo protótipo, já alimentado pelo regulador de tensão LM2596, o qual é exibido na parte inferior da imagem.

Figura 14 – segundo protótipo desenvolvido, juntamente com regulador de tensão



Fonte: Do autor (2019).

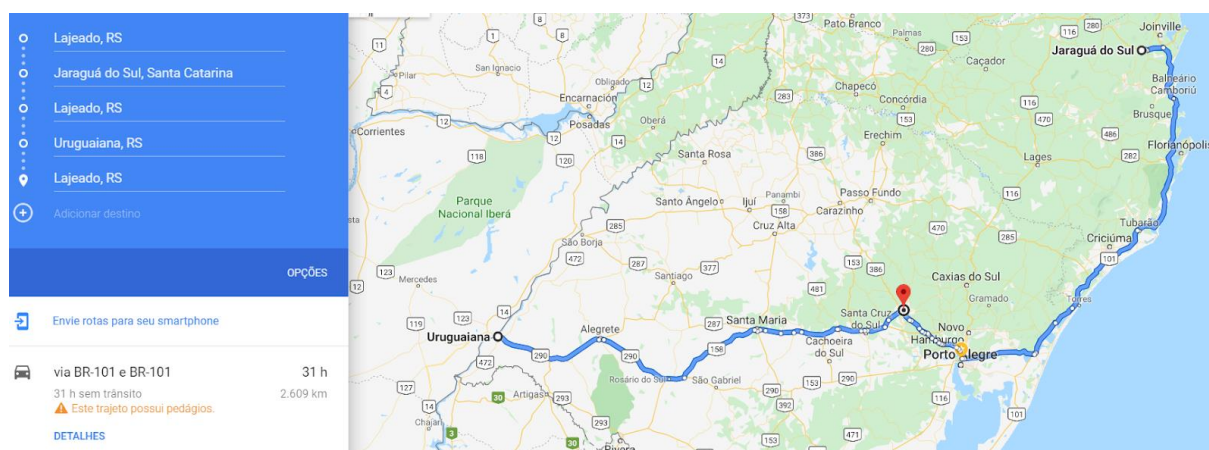
O microcontrolador foi acoplado dentro de uma estrutura de plástico, onde a mesma foi fixada na parte frontal superior do compartimento de carga.

A aplicação móvel foi alterada para que fossem obtidos os dados do dispositivo, armazenados internamente e posteriormente enviados a aplicação web. Portanto, a aplicação web também foi refatorada, de forma que ela pudesse receber os dados do aplicativo móvel e exibisse as informações recebidas, quando solicitado pelo *front-end*.

Após a segunda bateria de testes, confirmou-se que não era possível estabelecer comunicação com o GPS de dentro das carretas do tipo baú, tampouco tipo sider (com lonas nas laterais).

Para este teste, foi realizado um percurso de 9 dias composto por duas rotas: de Lajeado/RS até Jaraguá do Sul/SC, e de Lajeado/RS até Uruguaiana/RS. A Figura 15 mostra o percurso realizado nesse período.

Figura 15 – mapa das rotas realizadas pelo veículo no período de teste

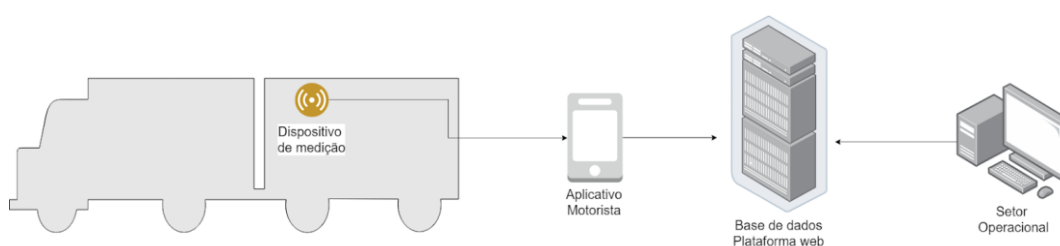


Fonte: Do autor (2019).

Com este teste, foram geradas em torno de 12 mil leituras, onde as leituras eram realizadas a cada minuto.

Ainda, constatou-se que o mesmo problema ocorrido com o GPS apresentou-se com o sinal Wi-Fi do microcontrolador: era impossível para o aplicativo móvel comunicar-se com o microcontrolador, do lado externo da carreta. A Figura 16 mostra a esquematização da solução: o dispositivo com sensor e os módulos instalados agrupados na carreta.

Figura 16 – diagrama da solução para o segundo protótipo



Fonte: Do autor (2019).

Também, a experiência do processo de medição do dispositivo não estava satisfatória: era necessário que o motorista se deslocasse ao lado externo do veículo para realizar a medição em tempo real ou a obtenção dos dados armazenados.

Ademais, observou-se que com uma frequência alta de leituras e um período maior sem baixar os dados do dispositivo, o tempo de download dos dados é alto:

foram necessários em torno de 2 a 3 minutos para obter todas as 12 mil leituras que estavam armazenadas no microcontrolador.

Sobre a plataforma web, identificou-se que a exibição dos dados não era útil para a empresa, uma vez que dados brutos não faziam sentido. Dessa forma, juntamente com o setor comercial, foi entendido que o importante são as consolidações dos dados: mínimo, médio e máximo de cada um dos dados (umidade e temperatura), agrupados diariamente.

4.3 Protótipo 3

Após problemas identificados no segundo protótipo, foi repensada a estruturação da solução, mais especificamente do dispositivo de medição, de forma que pudessem ser resolvidos os problemas do GPS e Wi-Fi de forma simplificada.

Para isso, o dispositivo de medição foi dividido em duas partes: uma delas foi instalada dentro do veículo para comunicação com o aplicativo, e a segunda foi instalada dentro da carreta somente com o sensor de umidade e temperatura. Dessa forma, foi possível obter o sinal do GPS, uma vez que as janelas do veículo permitem a comunicação e, ao mesmo tempo, eliminou-se a necessidade do deslocamento do motorista para fora do veículo para realizar a medição.

A Figura 17 exibe, à esquerda, o dispositivo de medição, instalado dentro da estrutura de plástico, e à direita a caixa que abriga o sensor de umidade e temperatura.

Figura 17 – terceiro protótipo, com microcontrolador e sensor de umidade e temperatura



Fonte: Do autor (2019).

Ainda, a comunicação do aplicativo com o dispositivo foi substituída por Bluetooth, de forma que seria possível manter a comunicação entre os mesmos sem comprometer a conexão à Internet. Por fim, houve melhorias na plataforma web, para que fossem exibidos os dados de forma acordada com a empresa.

Este protótipo não foi testado em ambiente real, somente em laboratório.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O transporte é de suma importância para o desenvolvimento de um país, pois é necessário para toda a movimentação da economia do mesmo. No Brasil, o transporte terrestre é ainda mais vital, pois corresponde a uma grande parte de todo o transporte de mercadorias.

A diminuição de custo para a indústria e para o consumidor final motiva as necessidades de redução máxima dos índices de avarias em cargas, com o intuito de reduzir o custo final dos produtos transportados. Dessa forma, torna-se necessário a elaboração de maneiras de corrigir e prever danos em mercadorias transportadas.

Este trabalho se propôs a desenvolver uma solução que auxilie empresas do ramo de transporte terrestre a evitar avarias mostrando ao cliente a qualidade do transporte provido a eles. Para tal, foi criada uma solução focada nesse ramo de transporte, mais especificamente o transporte internacional de cargas sensíveis, ou seja, cargas não perecíveis, mas que podem avariar em casos extremos – como umidade e temperaturas muito altas.

Tal solução é composta por três partes: um dispositivo de medição de umidade e temperatura, uma aplicação móvel e uma aplicação web. Ela ainda contempla os seguintes pontos: baixo custo, proativa, *offline first* e fácil operação. Cada uma das partes citadas anteriormente é necessária para realizar a medição de umidade e temperatura, a apresentação em tempo real dos dados ao motorista do veículo e possibilitar a empresa de gerar relatórios e enviar ao seu cliente.

Três protótipos foram criados para chegar ao modelo final da solução, onde fosse possível contemplar os pontos anteriormente apresentados. O primeiro protótipo foi implementado para testar a ideia inicial: a possibilidade da utilização de um microcontrolador para leitura de umidade e temperatura em que foi possível atestar que poderiam ocorrer erros relacionados com a obtenção de dados do GPS, dentro de carrocerias do tipo baú.

Enquanto isso, o segundo modelo teve o propósito de testar a solução por completo em um ambiente real de testes: dentro de um veículo de carga durante o transporte. Neste momento, foi possível notar que a solução é capaz de realizar aquilo a que ela se propõe. Ainda, foi constatado que a dificuldade com a obtenção de dados do GPS existia, e que a comunicação entre o aplicativo e o dispositivo deveria ser melhorada.

O terceiro e último protótipo foi implementado para solucionar o problema com a comunicação com os satélites GPS com o dispositivo móvel: o microcontrolador foi instalado dentro da cabine com o motorista, e utilizou Bluetooth para a comunicação com o aplicativo.

No Quadro 3, são apresentadas as características entre os produtos similares pesquisados e a solução desenvolvida para o referido projeto, a fim de estabelecer um comparativo entre os mesmos.

Quadro 3 – características das soluções de monitoramento

| Produto | LIVETRACK | SAS Tracker | Way Data Solution | Tracer Tag | Solução desenvolvida |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| Alimentação | Bateria (no sensor) | Bateria (no equipamento) | Não informado | Não informado | Utiliza corrente elétrica do veículo, dispensa baterias |
| Monitoramento | Umidade, temperatura, localização | Localização, velocidade, data e hora | Temperatura | Umidade, temperatura e luminosidade | Umidade, temperatura, data, hora, localização |
| Envio de dados | Aplicativo móvel | Próprio dispositivo | Não informado | Próprio dispositivo | Aplicativo móvel, podendo ser enviado posteriormente |
| Conexão de dados à parte necessária | Sim | Sim | Não informado | Sim, ou conexão via satélite | Utiliza conexão de dados do celular (dados móveis ou Wi-Fi) |
| Envio de alertas | Sim, desvio dos limites estabelecidos | Não | Não | Não | Não |

Fonte: Do autor (2019).

Dessa forma, é possível identificar que a solução possui diferenciais frente aos produtos de mercado, uma vez que não depende de baterias, portanto pode ser utilizada por longos períodos, e não necessita de dados móveis obrigatoriamente, uma vez que pode utilizar a Wi-Fi para posteriormente enviar as leituras realizadas à empresa.

De acordo com Ricardo Scapini, Gerente de Negócios da Scala Logística:

“O transporte rodoviário de cargas passa por um processo de evolução constante, quando o prestador de serviço precisa entregar soluções para as operações de seus clientes. O desenvolvimento de ferramentas para o controle da condição em que a carga está sendo transportada é um diferencial competitivo para a companhia, por este motivo é que a solução

está tendo importante papel de destaque no atendimento deste cliente que exporta produtos ao mercado argentino.

Com uma estrutura compacta e que não necessita de grande intervenção na instalação, a solução entrega relatórios precisos e de fácil visualização para o setor operacional da transportadora, para fazer a gestão das mercadorias transportadas em nossas frotas.”

Dessa forma, é possível identificar o papel que a solução desenvolvida possui, uma vez que é entregue valor à empresa transportadora frente ao seu cliente.

Para o futuro da solução, são necessários ajustes para facilitar a sua comercialização. Melhorias como a transformação para um SaaS (software como serviço), fabricação do dispositivo de medição em larga escala e possibilidade de modularização, permitindo a inclusão facilitada de outros sensores são importantes.

Outras melhorias no aplicativo também estão previstas, como envio de leituras em tempo real para a empresa, dispensando o módulo GPRS no dispositivo, e alertas de umidade e temperatura personalizáveis para facilitar ainda mais o trabalho do motorista.

Ainda, já foi solicitado pela empresa a inclusão de um sensor de vibração, com o objetivo de constatar qual é a melhor configuração de veículo direcionada para a redução de avarias devido a condições do asfalto, focada na configuração de suspensão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRONIS, Kristiāns.; UHANOVA, Marina. 2018. **Performance Comparison of Java EE and ASP.NET Core Technologies for Web API Development**. Applied Computer Systems. Artigo. Disponível em: <<https://doaj.org/article/6d1bb1460633422792873f3c3523c57f>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

LIVETRACK. **LIVETRACK – monitoramento de temperatura e umidade em tempo real**. 2017. Disponível em: <<http://www.livetrack.com.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PESSOA, Nivaldo. **Avarias na logística de distribuição física: estudo de caso na empresa O'Hara Transportes & Logísticas Ltda**. 2012. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/avarias-na-logistica-de-distribuicao-fisica-estudo-de-caso-na-empresa-ohara-transportes-logistica-ltda/5247/>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

QUEIROLO, Gustavo. Empresas têm 60% do transporte rodoviário. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 27 de mai. de 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/05/empresas-tem-60-do-transporte-rodoviario.shtml>>. Acesso em: 21 set. 2019.

RECOMINTE. **Monitoramento inteligente – Tracer Tag**. 2017. Disponível em: <<https://www.tracertag.com/modelos>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SAS Tracker. **Rastreador de cargas | SAS Tracker**. 2017. Disponível em: <<https://www.sastracker.com.br/cargas>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

Way Data. **Way Data Solution – Roteirização, Gestão de Entregas e Monitoramento de Temperatura e Umidade**. 2018. Disponível em: <<https://waydatasolution.com.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.